CNBM

# 热塑性复合材料及其应用

中国复合材料集团有限公司　张晓明

2015年7月23日　青岛

CNBM

一、我国热塑性复合材料的发展状况

二、热塑性复合材料的材料技术与进展

三、热塑性复合材料的工艺技术与进展

四、热塑性复合材料的应用与进展

# 一、我国热塑性复合材料的发展状况

1. 我国热塑性复合材料的发展状况

2. 热塑性复合材料的特点

3. 热塑性复合材料的分类

# 一、我国热塑性复合材料概况

## 1. 我国热塑性复合材料的发展现状

| | 2012年 | 2013年 | 2014年 |
|---|---|---|---|
| 复合材料总产量 | 400万吨 | 410万吨 | 433.5 万吨 |
| | 5% | 2.5% | 5.73% |
| 热固性复合材料 | 270万吨 | 273万吨 | 271.98万吨 |
| | 2.7% | 1.0% | 0.4% |
| 热塑性复合材料 | 130万吨 | 137万吨 | 273万吨 |
| | 10% | 5% | 17.9% |

## 2. 热塑性复合材料的特点

近年来，热塑性基复合材料之所以受到复合材料界，尤其是工业界汽车制造业的高度重视，其主要原因是与热固性基体复合材料相比，具有以下特点：

- 韧性优于热固性树脂
- 加工过程中不发生化学反应，成型周期短
- 废料回收再利用，减排环保
- 预浸材料无存放条件限制，使用方便
- 使用温度广，吸水率低

## 2. 热塑性复合材料的特点

- 热塑性塑料的分子结构呈线性，分子量较大，室温条件下呈固态，加热熔融状态下，聚合物熔体粘度大（>100Pa·S），与纤维的浸润性差。因此，所用的增强材料应该更容易浸渍与分散、耐磨性更好。
- 热塑性塑料因分子结构不同，呈现的极性不同。为获得最佳的界面结合效果，不同的塑料基体需要与之相匹配的纤维表面处理。对于成型温度较高的热塑性塑料，比如PPS、PEEK，成型过程中热氧化加剧，这就要求纤维表面处理更稳定，以获得良好的界面性能。

## 2. 热塑性复合材料的特点

与热固性复合材料相比，热塑性基复合材料工艺特点：

- 由于热塑性塑料的分子结构的特点，熔融状态下聚合物熔体粘度大，不易于纤维的浸渍。欲获得低孔隙率的密实结构，在复合过程中必须施加足够的压力和较高的成型温度。
- 为了获得最佳的材料性能和满足成型工艺方面的特殊要求，通常把连续纤维增强热塑性复合材料的复合工艺成型工艺分成两个不同的工艺阶段：
  - 第一阶段：预浸阶段：粒料（短/长）、片材（长/连续）、板材
  - 第二阶段：成型阶段：注塑、模压/冲压、拉挤、铺放等。

CNBM

## 3. 纤维增强热塑性复合材料的分类

热塑性基体复合材料是伴随着热塑性塑料的发展而产生和成长的，石油和化学工业的发展，为热塑性复合材料的发展奠定了基础。 1951年，美国首先采用短切玻璃纤维增强聚丙烯，拉开了热塑性复合材料的序幕。

以增强纤维的形式区分，热塑性复合材料可以分为以下几类：

- 短纤维增强热塑性复合材料
- 长纤维增强热塑性复合材料
- 连续纤维增强热塑性复合材料

一、我国热塑性复合材料的发展状况

二、热塑性复合材料的材料技术与进展

1. 热塑性复合材料的主要基体材料

2. 热塑性复合材料的主要增强材料

## 二、热塑性复合材料 的材料技术与进展

- 一般来说，即使面对最严苛的物理性能要求，也可以开发出一款能够满足使用要求的复合材料。如果这款复合材料不能满足客户的成本预期，客户就不会购买它，那么这项研究开发就会付之东流。成本是复合材料得以应用的关键因素。

- 如何正确地地选择热塑性复合材料的材料体系是成本控制的关键环节。复合材料的材料体系主要包括：基体材料和增强材料。

## 1. 热塑性复合材料的主要基体材料

- 热塑性复合材料优异的抗冲击性能和抗损伤能力均来自热塑性树脂基体的韧性，而复合材料的抗环境能力、耐化学药品能力、耐水性等也依赖于热塑性树脂基体。为了充分发挥传递载荷和支撑纤维的功能，树脂基体必须能够很好的浸渍纤维，与增强纤维之间形成良好的界面，实现共同协调承载。

- 使用用途不同的热塑性复合材料对基体树脂的要求不同,在选择热塑性复合材料基体树脂时，应既满足复合材料的使用性能，同时又具有良好的工艺性能。在复合材料树脂体系设计中，通常应根据复合材料的用途和功能，选择和设计一个最优的基体材料体系。

## 1. 热塑性复合材料的主要基体材料

目前可供选择的热塑性基体树脂有60多种，了解这些材料的形态特性可以缩小选择范围。

- 通用塑料/低成本：聚丙烯在通用塑料中具有良好的性能价格比，多用于制造汽车部件。低于3.3美金/kg，具有较大的市场份额。
- 工程塑料/中等成本：聚酰胺（PA）、聚碳酸酯、热塑性聚酯（PET/PBT）、聚甲醛（POM）、聚苯醚等。价格为 3.3 ~ 6.6美金/kg。
- 特种工程塑料/高成本：指长期使用温度在150 ℃以上的一类工程塑料，主要包括PPS、PEEK、聚酰亚胺（PI）、聚芳砜、液晶聚合物等。价格通常高于6.6美金/kg。
- 依据热塑性塑料聚集态的形态特性，热塑性基体材料主要包括：无定型聚合物（非晶态）和半结晶型聚合物。

## 热塑性复合材料的主要基体材料

| 非结晶性-无定型 | 半结晶性 |
| --- | --- |
| 聚苯乙烯 | 聚丙烯（PP） |
| 苯乙烯-丙烯腈 （SAN） | 聚乙烯（PE） |
| 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯（ABS） | 聚酰胺（PA） |
| 聚碳酸酯 | 聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT） |
| 聚砜 | 聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET） |
| 聚醚砜 | 聚苯硫醚（PPS） |
| 聚胺砜 | 聚醚醚酮（PEEK） |
| 聚醚酰亚胺 | 热致性液晶（LCP） |

## 不同热塑性基体材料的性能特点

| 性能特点 | 非结晶性聚合物 | 半结晶性聚合物 |
|---|---|---|
| 低收缩性 | ● | |
| 低翘曲性 | ● | |
| 韧性 | ● | |
| 抗蠕变形 | ● | |
| 透明性 | ● | |
| 易流动性 | | ● |
| 耐化学性 | | ● |
| 增强效果 | | ● |
| 耐磨性 | | ● |

## 2. 热塑性复合材料的主要增强材料

增强材料的主要功能是赋予复合材料高强度和高刚度等等优良的力学性能；纤维/基体的界面是决定复合材料性能充分发挥和保持潜在性能的关键部分。

- 无机纤维：无机纤维的优异综合性能成为热塑性复合材料最重要的增强材料。常用的无机纤维有：玻璃纤维、碳/石墨纤维等。玻璃纤维由于良好的性价比，已成为目前使用量最大的纤维增强材料；碳/石墨纤维正逐步成为复合材料重要的增强纤维。
- 有机纤维：有机纤维具有密度小、比强度高；韧性好，抗磨损。热塑性复合材料使用的有机纤维主要有聚芳酰胺纤维。
- 天然纤维：天然纤维具有一定的强度和韧性，成本低、可再生等其它纤维不具备的特点，逐步为人们认可。目前使用的天然纤维主要有苎麻、剑麻等。

## 2. 热塑性复合材料的增强材料 — 玻璃纤维

- 适合于热塑性复合材料的玻璃纤维，应该与其相复合的热塑性基体树脂有良好的浸润性和界面性能，以获得优异的力学性能、耐腐蚀性和耐疲劳性能。

- 全球玻璃纤维的主要制造商（国际和国内）均已开发出适合热塑性复合材料的专用玻璃纤维，品种覆盖了连续无捻粗纱、短切纱等纤维及制品，基本上形成了完整的材料体系，可以满足热塑性复合材料的基本需求。

- 例如，欧文斯科宁根据客户需求，近期推出的代号SE4849。是专门应用于长纤维增强热塑性聚丙烯树脂的玻璃纤维无捻粗纱，该纤维具有快速充分与热塑性树脂复合，从而提升制品强度的特点，尤其适用于汽车领域。

## 2. 热塑性复合材料的增强材料 — 碳纤维

- 碳纤维的乱层石墨结构使得碳纤维表面需要保护，一般在制造过程中在碳纤维表面涂敷环氧等热固性树脂作为上浆剂，以降低工艺过程对纤维的损伤。环氧等热固型树脂的使用温度有限，也影响到碳纤维高温环境的应用。

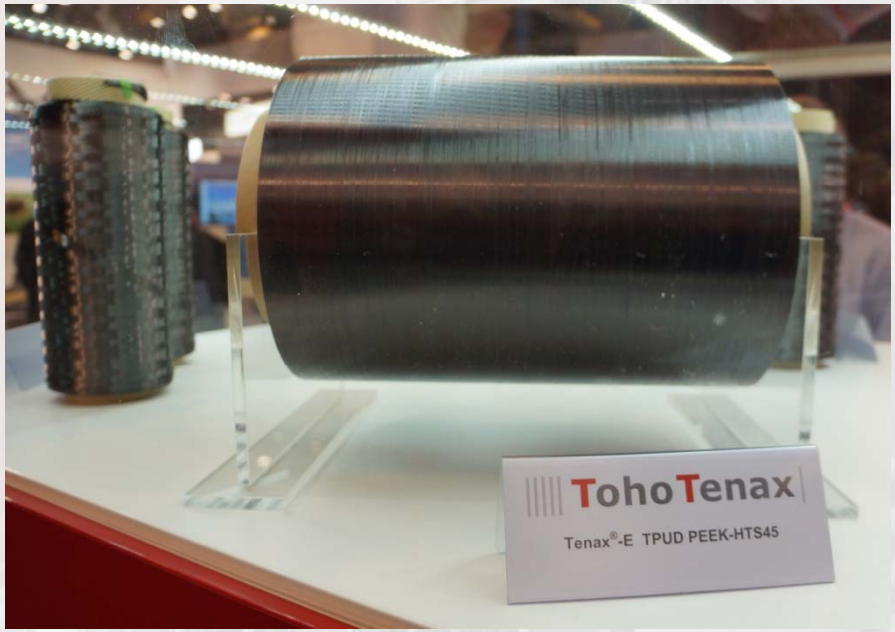
- 英国ICI公司的聚醚醚酮/碳纤维预浸料APC-2/AS4，选用了美国赫氏（Hexcel）AS4碳纤维作为增强材料。由于碳纤维表面抗氧化性能良好，且易于分散，适合于高熔体粘度PEEK的350℃以上成型温度。

- 2012年，美国一家公司（Michelman）开发出以聚酰胺为原料的碳纤维上浆剂，配方中不含挥发性的有机化合物，适合于高温成型热塑性复合材料用碳纤维的表面处理。

## 2. 热塑性复合材料的增强材料 — 碳纤维

- 东邦碳纤维

- 2014年法国JEC展览会上，东邦公司展出了聚醚醚酮/碳纤维预浸料 PEEK-HTS45，表明东邦的HTS45适合用于高性能热塑性复合材料的增强材料。



## 2. 热塑性复合材料的增强材料 — 碳纤维

- **SGL -大丝束碳纤维**
- 2014年，西格里集团（SGL）宣布与热塑性具有良好相容性的新型碳纤维在苏格兰的生产基地正式投产。这种新型大丝束碳纤维产品 SIGRAFIL® C 50K将主要满足汽车行业的对于热塑性复合材料制品的订单需求。
- 只有将碳纤维与热塑性基体进行充分粘合，才可确保热塑性部件能完好继承碳纤维的高强度硬度等特性。为此，西格里开发出了一种新型的上浆系统。此外，其他上浆系统，如专为高温应用所设计的，亦处于开发阶段。

## 2. 热塑性复合材料的增强材料 — 碳纤维

- SGL： SIGRAFIL® C 50K

## 2. 热塑性复合材料的增强材料 — 天然纤维

- 热塑性复合材料增使用的天然纤维主要是麻类纤维，其特点：

1. 麻、竹类纤维的拉伸强度高于其他纤维，具有较高的比强度和比模量，适合作为复合材料的增强剂。

2. 麻、竹类植物资源丰富（我国苎麻产量占全球总产量的93%），且可以再生，非常适合于可持续发展的需求。

3. 良好的吸音性和阻尼减震性能。

麻类纤维目前主要与聚丙烯复合，作为汽车材料、建筑材料。

CNBM

## 常用增强坦然纤维的性能

| 性能 | 苎麻 | 剑麻 | 亚麻 | 玻璃纤维 |
|---|---|---|---|---|
| 密度 $g/cm^3$ | 1.54 | 1.26 | 1.49 | 2.60 |
| 拉伸强度 MPa | 1078 | 718 | 715 | 2300 |
| 拉伸模量 GPa | 3.2 | 2.9 | 1.7 | 73 |
| 断裂伸长 % | 1.8 | 2.2 | 1.8 | 3.2 |
| 比强度 | 700 | 570 | 480 | 855 |
| 比刚度 | 2.1 | 2.3 | 1.2 | 28 |

# 二、热塑性复合材料 的材料技术与进展

- 天然纤维的产品形式:

  纤维

  织物

  针刺毡

  预浸料

# 热塑性复合材料及其应用

CNBM

一、我国热塑性复合材料的发展状况

二、热塑性复合材料的材料技术与进展

三、热塑性复合材料的工艺技术与进展

1. 短纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

2. 长纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

3. 连续纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

4. 热塑性复合材料工艺技术新进展

# 三、热塑性复合材料工艺技术与进展

热塑性复合材料的成型工艺技术与增强材料的形态有着密不可分的关系，增强纤维的长度是决定成型技术的关键因素之一。

根据增强纤维的形式不同，热塑性复合材料通常分为以下几类：

- 短纤维增强热塑性复合材料
- 长纤维增强热塑性复合材料
- 连续纤维增强热塑性复合材料

由于增强纤维的长度不同，其成型工艺也各不相同，有着各自的特点。

## 1. 短纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

- 在过去的近半个世纪中，短纤维增强热塑性复合材料一直统治着纤维增强热塑性复合材料的市场，约占其总产量的90%以上，其应用领域非常广泛。
- 短纤维增强热塑性复合材料：增强纤维长度小于 1mm （0.2～0.7）的一类热塑性基体复合材料。增强纤维在热塑性基体材料中呈无规分布，纤维重量含量一般30%左右。
- 短纤维复合材料在部件的过程中增强纤维会被二次磨损，纤维长度进一步降低（0.2~0.7mm）,纤维的增强效果会受到很大的影响。因此，短纤维增强热塑性复合材料多用于非承力部件，很难用于结构用途。

# 三、热塑性复合材料的工艺技术与进展

## 1. 短纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

- 短纤维增强热塑性复合材料的制造技术基本沿用了塑料的加工技术，主要分为：

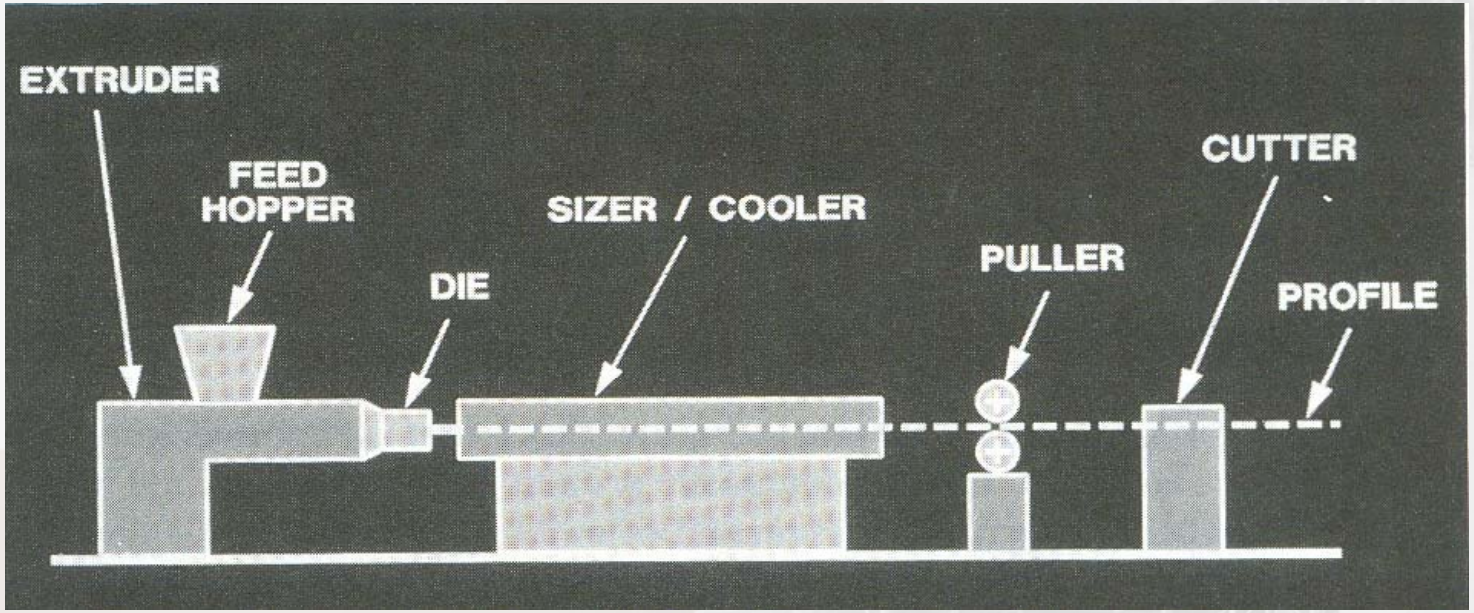
  增强粒料制备工艺 – 中间产品

  注射成型工艺 – 复杂部件制造

  挤出成型工艺 – 型材制造

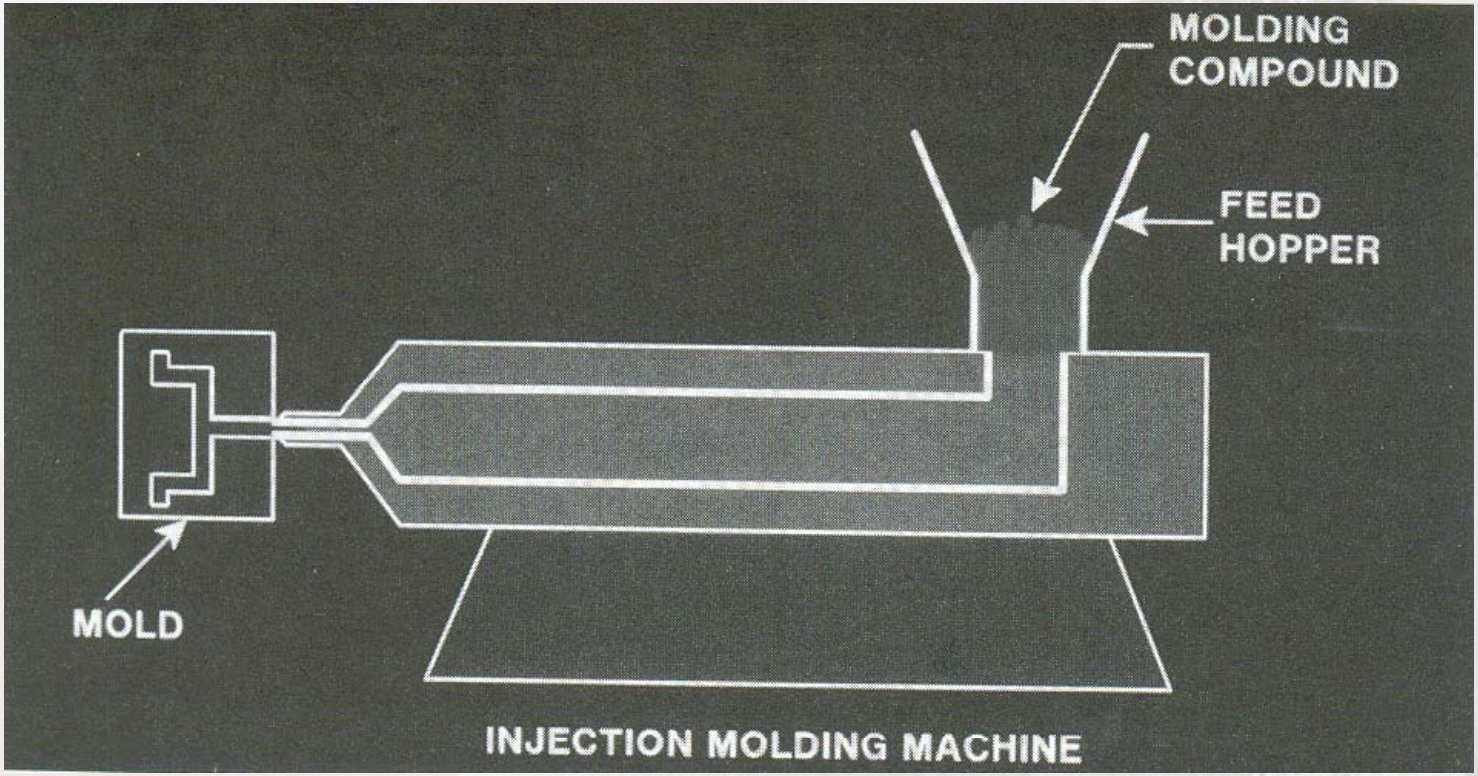
## 1. 短纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

### 短纤维增强粒料制备工艺－中间产品



## 1. 短纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

### 短纤维复合材料部件制备工艺 – 注射成型



## 2. 长纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

- 与短纤维增强热塑性复合材料不同，长纤维增强热塑性复合材料在制品成型的模压过程中纤维长度不会被再次破坏，纤维的增强效果不受影响。成型时，增强纤维被均匀地分散于热塑性基体之中，热塑性树脂能够完全浸渍增强纤维。

- 增强纤维的长度一般为10～50mm，纤维含量通常为30～50%。

- 长纤维增强热塑性复合材料一般以聚丙烯、聚酰胺（尼龙）、PET、聚苯硫醚、聚醚砜、聚醚醚酮等热塑性塑料作为基体材料；以玻璃纤维、碳纤维和芳纶纤维作为增强材料。

- 主要被用于制造汽车部件、建筑模板和小型工具等受力不太大的结构件。

## 2. 长纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

长纤维增强热塑性复合材料非常适合大规模工业化生产，复合工艺可以分为两大类：

中间-半成品制备技术：长纤维增强粒料制备

Azdel制备工艺 – 干法片材制备

GMT制备工艺 – 湿法片材制备

部件制备技术：模压成型工艺 - Azdel / GMT

冲压成型工艺 - Azdel / GMT

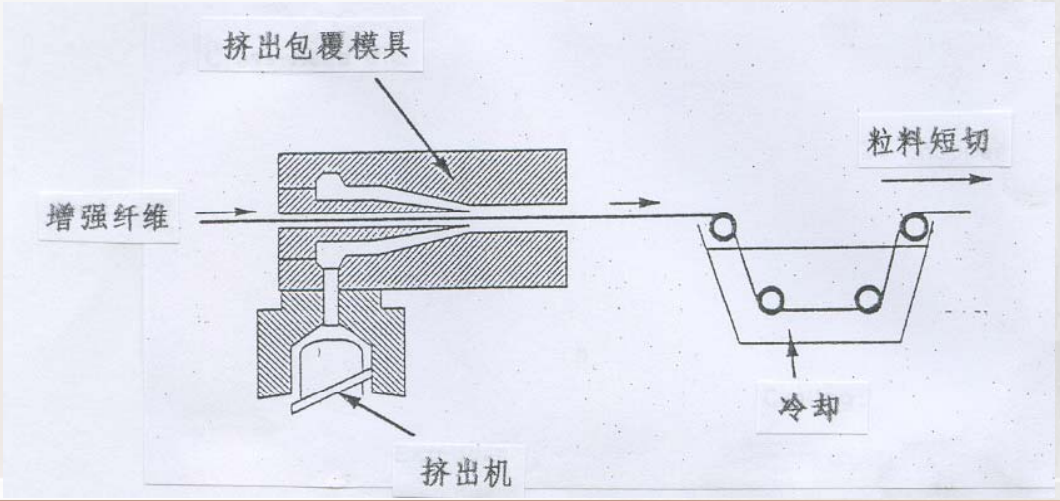
注射成型工艺 – 长纤维增强粒料

直接法成型技术（LFT）

## 2. 长纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

### 2.1 中间产品的制备技术 - 长纤维增强粒料

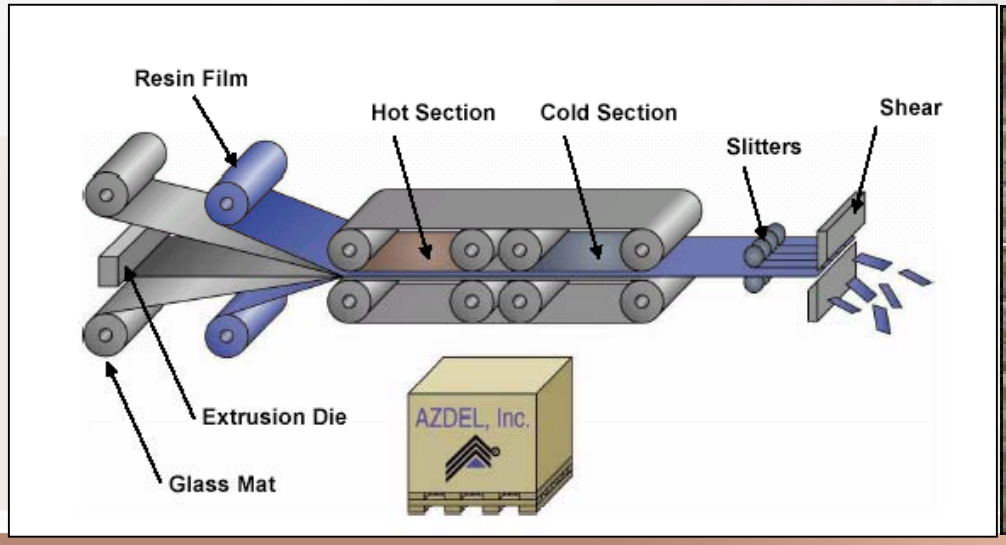
工艺过程：挤出机将聚合物基体加热至熔融，螺杆将熔体送入具有一定型状的挤出模具；连续纤维通过挤出模具时，聚合物熔体将与纤维束相复合，并包覆/浸渍纤维束，冷却后再切割成为12.5～25mm ( 1/2 ～1英寸)的增强粒料。这种长纤维增强粒料多用于采用注射成型或模压成型制备的热塑性复合材料部件。

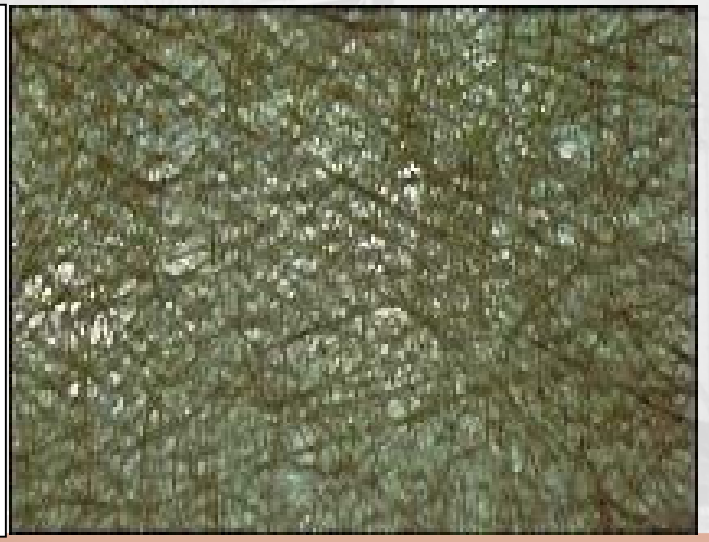


## 2. 长纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

### 2.1 中间产品的制备技术 – 干法热塑性片材制备工艺 - Azdel

**Azdel®** 系列GMT产品采用熔融浸渍工艺，主要工艺过程为：挤出机将聚丙烯加热至熔融，将聚合物熔体挤出至2层连续玻璃纤维毡之间，在两层玻璃纤维毡的外表面再分别铺覆一层聚合物膜，加热后在履带式热压机上连续压制，使得聚合物熔体很好地浸渍纤维；然后，冷却固结并切割一定长度。



## 2. 长纤维增强热塑性复合材料的成型工艺

### 2.1 中间产品的制备技术 – 湿法热塑性片材制备工艺 - GMT

- 溶液悬浮法成型工艺简单，纤维分布均匀，能耗较低，以水作为悬浮介质，能够循环使用，生产成本较低。采用这种方法生产的长纤维增强热塑性复合材料片材，由于纤维和聚丙烯颗粒分布均匀，可以低压成型；另外，片材增强纤维的长度较短，且未经过针刺，模塑成型时，片材具有良好的流动性，材料的厚度和平面方向的性能相同，适合结构较复杂薄壁非承力部件的成型，如，汽车内饰件、车底保护系统等部件。

## 2. 长纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

### 2.2 最终产品制备工艺技术 - 流动模压/冲压工艺

- 流动/冲压模压工艺适合于玻璃纤维/碳纤维毡增强的热塑性复合材料片材的部件加工成型，是一种热塑性复合材料快速模压成型工艺技术，其工艺过程与金属材料的冲压工艺非常类似。
- 流动模压的特点是：预浸片材需要加热至聚合物基体的熔点温度以上；模具内固结温度一般低于熔点温度；具有成型周期短，能量消耗少等优点。
- 由于的模具温度一般低于热塑性基体树脂的固结温度，具有成型周期短，能量消耗少等优点。

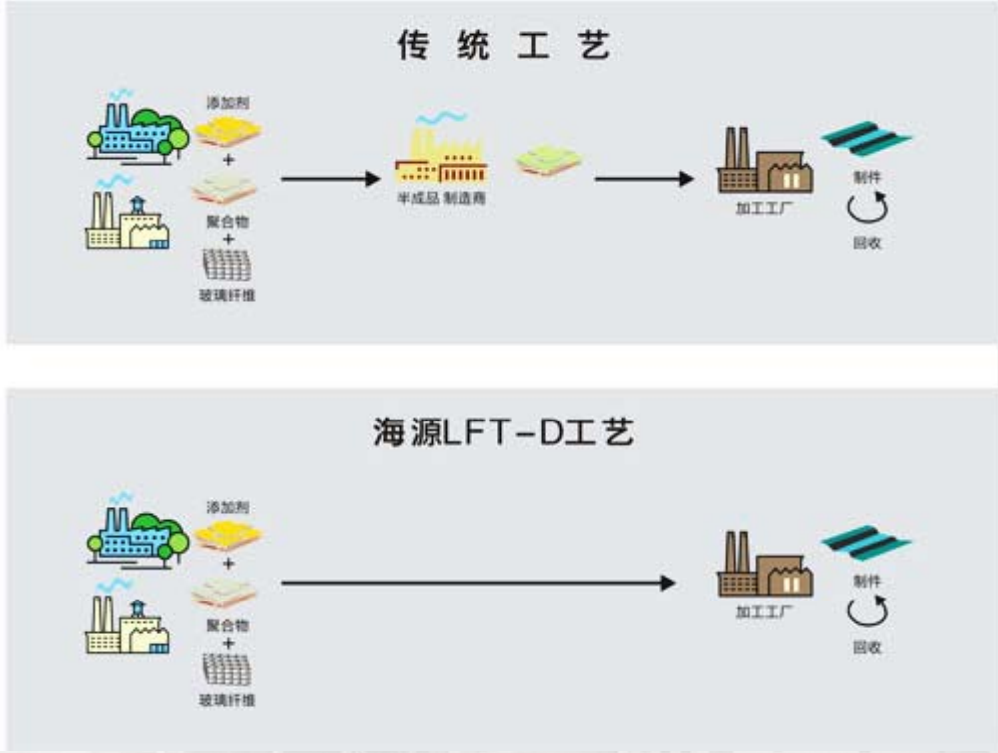
## 2. 长纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

### 2.2 最终产品制备工艺技术 - 直接法成型工艺

全过程一次加热，

万元产值能耗降低50%，

成本降低。



CNBM

## 3. 连续纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

- 欲获得低孔隙率的密实结构，在复合过程中必须施加足够的压力和较高的成型温度。

- 为了获得最佳的材料性能和满足成型工艺方面的特殊要求，通常把连续纤维增强热塑性复合材料的复合工艺成型工艺分成两个不同的工艺阶段：

  第一阶段：预浸工艺阶段

  第二阶段：成型阶段

CNBM

## 3. 连续纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

### 3.1 热塑性复合材料浸渍技术

与热固性树脂基复合材料相比，连续纤维增强热塑性复合材料的浸渍更复杂，浸渍方式也多种多样。归结起来，连续纤维增强热塑性复合材料的浸渍方式大致可分为两大类：

预浸渍工艺

后浸渍（混合法）工艺

## 3. 连续纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

### 3.1 热塑性复合材料浸渍技术 - 预浸技术

热塑性复合材料预浸技术，通常指增强材料与树脂基体已经完成了良好地润湿的一种复合材料半成品的制备技术。针对不同的聚合物基体和增强材料的类型开发出多种浸渍技术，各种浸渍技术都具有一定的适用范围。主要的预浸工艺如下：

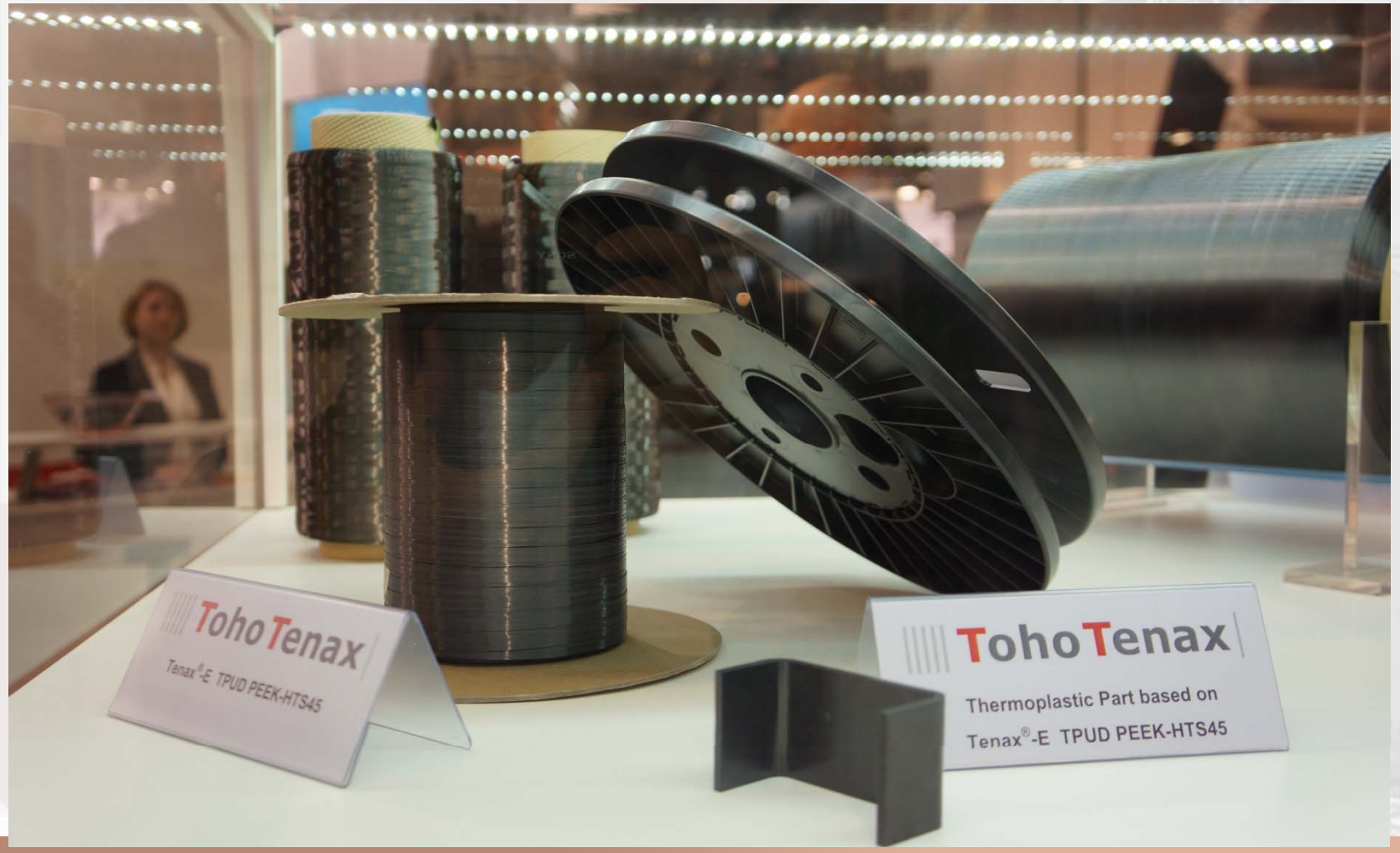
原位聚合工艺 – 尚未实现工业化

溶液浸渍工艺 – 工艺简单，适合易于溶解的聚合物

熔融浸渍工艺 – 适合难溶聚合物。

# 三、热塑性复合材料工艺技术与进展

- **2014年欧洲JEC展览会的创新主题：汽车和热塑性复合材料**



## 3. 连续纤维增强热塑性复合材料的工艺技术

### 3.1 热塑性复合材料浸渍技术 - 后浸渍技术

后浸渍（混合法）工艺的特点是：将增强材料与基体聚合物以固态形式相混合，制成热塑性复合材料混合料。

用这类混合料制备热塑性复合材料制品的成型过程中实现聚合物基体/增强纤维的浸渍，故称为后浸渍工艺。该工艺的主要方法有：

纤维混合法 – 适合于拉挤、编织成型

粉末混合法 – 适合于拉挤、模压成型

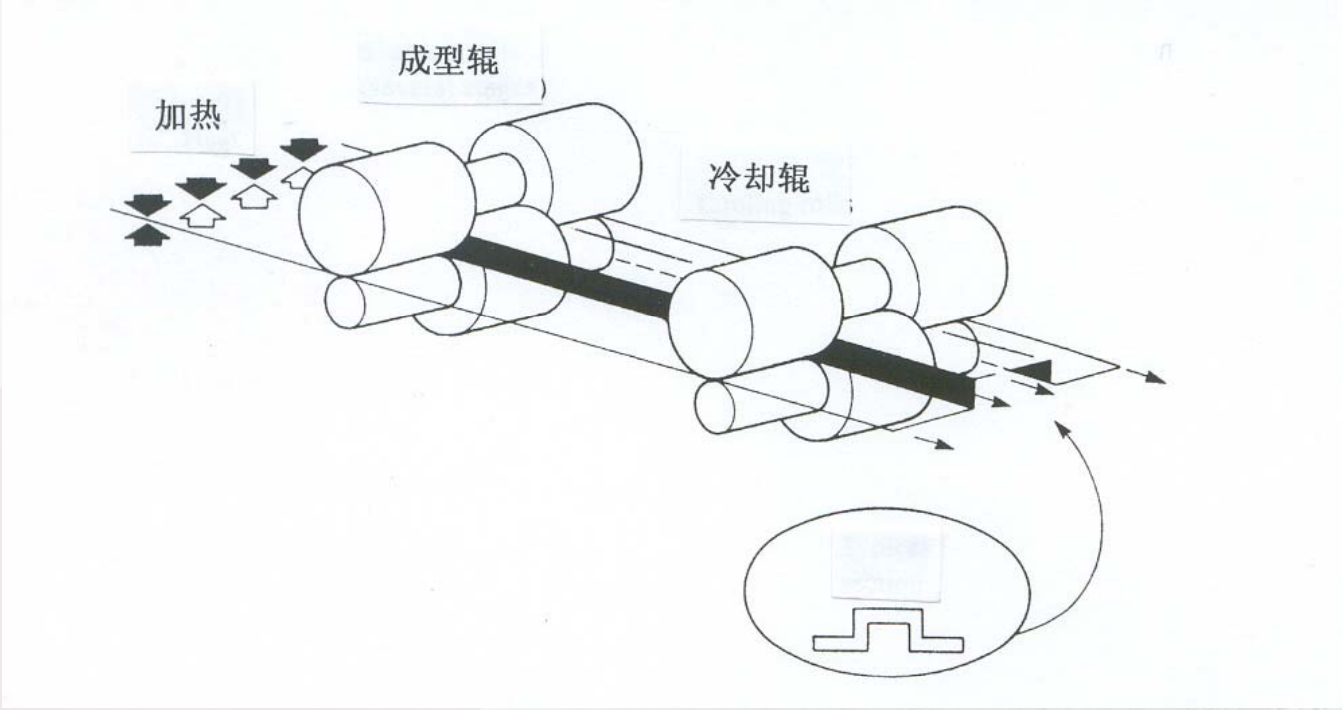
薄膜叠层法 – 适合于模压成型等。

## 3.2 连续纤维增强热塑性复合材料典型的制备技术

| 工艺方法 | 制造技术 |
| --- | --- |
| 配合模成型 | 冲压/模压成型<br>辊压成型<br>拉挤成型 |
| 原位固结成型 | 带铺放成型 |
| 柔性成型 | 热压罐成型 |

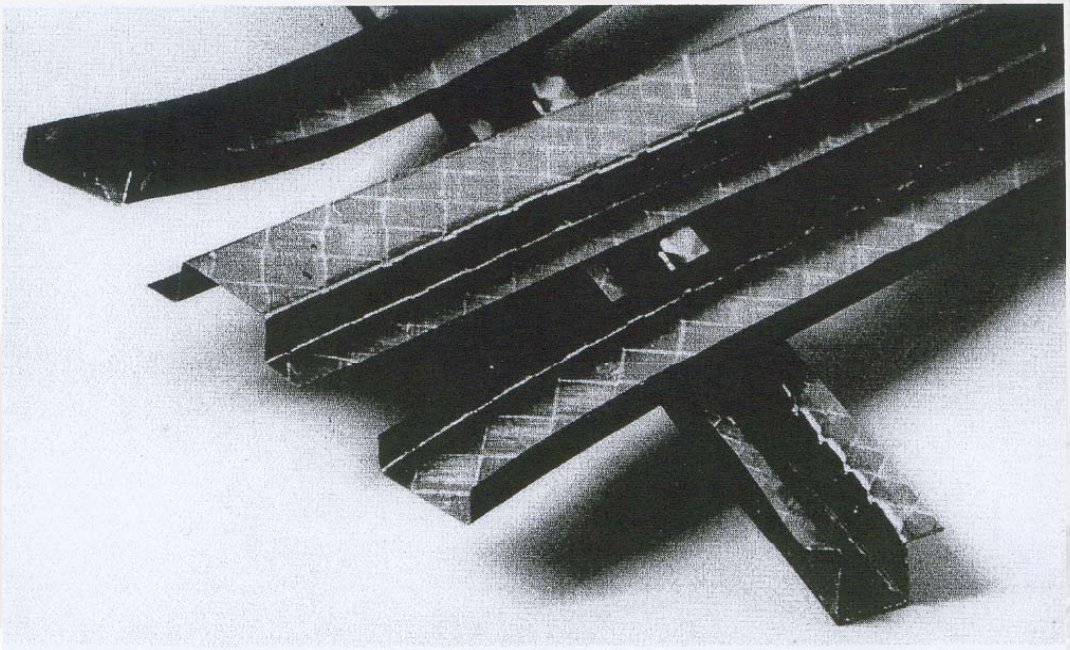
## 3.2 连续纤维增强热塑性复合材料的制备技术- 辊压成型

该工艺以热塑性复合材料的预固结板材为坯料，将其加热至聚合物基体熔点以上，经过数个成型辊逐步将其辊压成为所设计的截面形状，再进入一系列的冷却辊，固结定型。



## 热塑性复合材料制备工艺技术－辊压成型

辊压工艺属于一种连续成型热塑性复合材料的工艺技术，具有工艺简单，容易控制，效率高等特点。适合用于连续制备简单截面的薄壁制品。

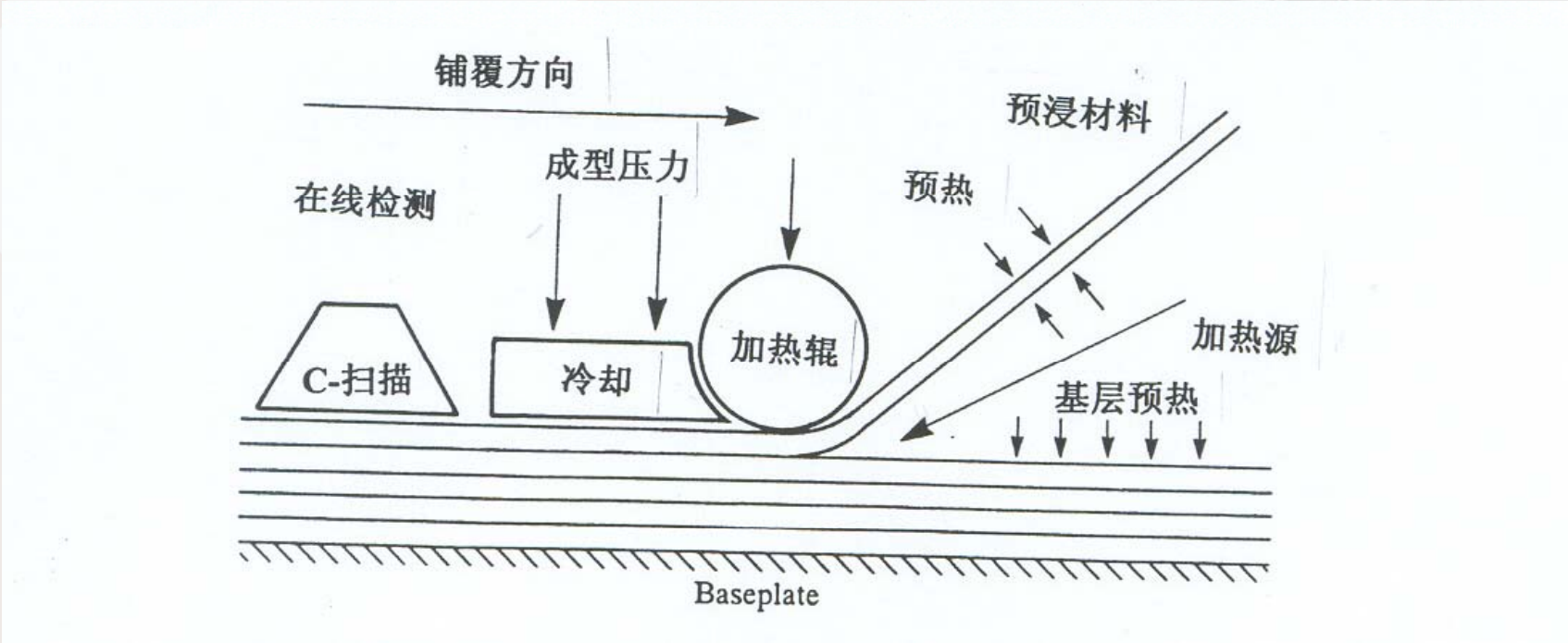


## 3.2 连续纤维增强热塑性复合材料的制备技术- 带铺放

这项工艺技术是连续纤维增强热塑性复合材料工艺技术中研究最多的一种成型工艺，特点是铺放和固结同时完成。

预浸带铺放 / 原位固结工艺：铺放成型时，低孔隙的预浸料首先进入预热区预热，预热温度T一般低于聚合物的熔点温度Tm；预热后的预浸料进入温度较高的铺放头时，基体聚合物迅速熔融，以利于粘合；然后，按一定的轨迹均 匀地排布在芯模的表面，在较低的压力下排除预浸带界面之间的孔隙，实现预浸料界面之间的分子扩散和粘合；最后，在压力下团结冷却为密实的结构件。

## 热塑性复合材料制备工艺技术－带铺放



## 3.4 热塑性复合材料工艺技术的新进展

### “Multi-Meterial-Head”新型激光辅助铺放系统

该创新项目是由德国2家公司共同完成的，是针对中小型企业开发出一种低成本、多功能的激光辅助铺放系统。这项新技术率先实现了多种材料（热塑性预浸带、热固性预浸带、增强纤维/粗纱）的铺放工艺。其特点：

- 自动化程度高、人工成本低、生产周期短、高纤维含量（纤维含量可达到60%-65%）。
- 热量激光辅助感应可以精确并迅速调节温度，不会增加临近元件的温度。

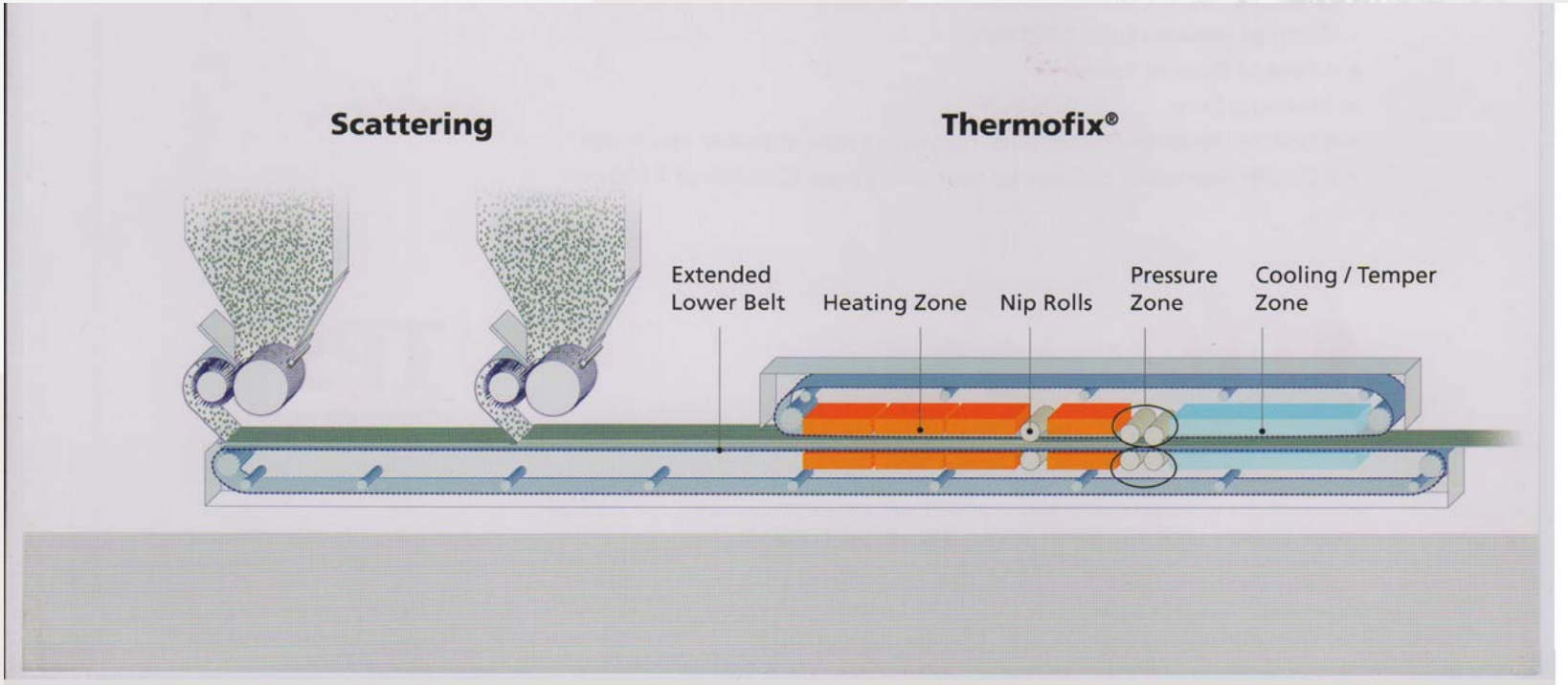
# 三、热塑性复合材料工艺技术与进展

## “ Multi-Meterial-Head”新型激光辅助铺放系统

## “ Multi-Meterial-Head”新型激光辅助铺放系统 – 制品

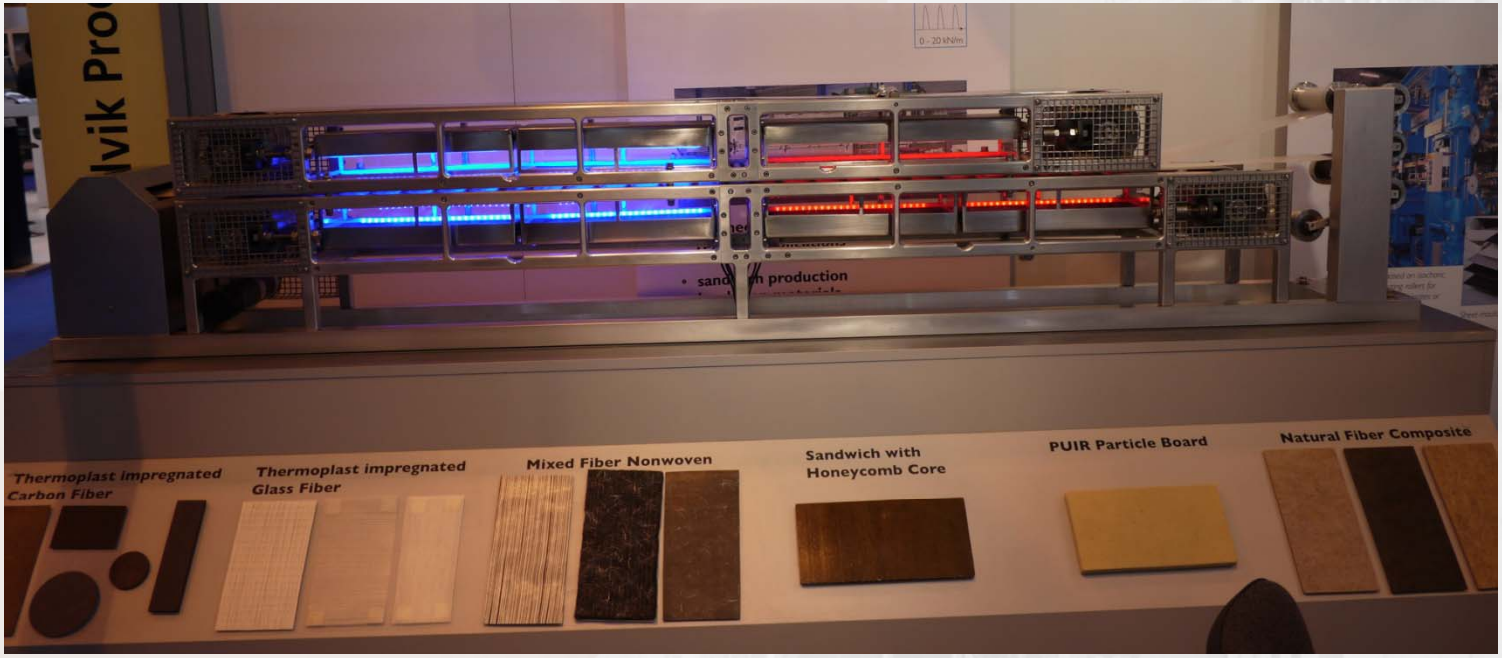
## 3.3 热塑性复合材料工艺技术的新进展

纤维增强热塑性片材制造装备，可以完成不同种类纤维的中间产品生产。



## 3.3 热塑性复合材料工艺技术的新进展

纤维增强热塑性片材制造装备，可以完成不同种类纤维的中间产品生产。



## 3.3 热塑性复合材料工艺技术的新进展

近期，美国的公司展示了以连续碳纤维和热塑性树脂为原材料，进行复合材料 3D 打印的最新技术。这可能会给复合材料制造技术带来一场重大变革。

# 热塑性复合材料及其应用

CNBM

一、我国热塑性复合材料的发展状况

二、热塑性复合材料的材料技术与进展

三、热塑性复合材料的工艺技术与进展

四、热塑性复合材料的应用与进展

## 1. 汽车领域的应用

热塑性复合材料的主要应用是汽车工业，尤其是玻璃纤维增强聚丙烯热塑性片材和直接法生产的长纤维热塑性复合材料，其产量的80%以上均用于制造汽车部件。

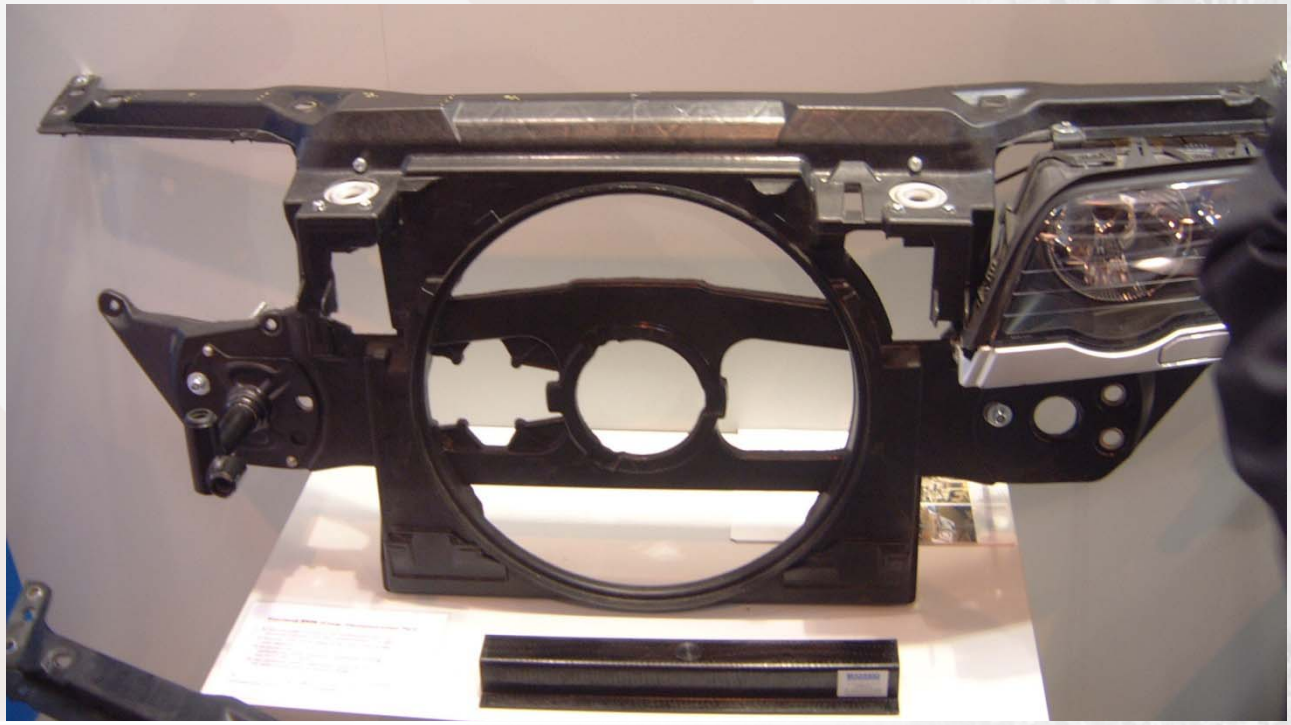
应用范围涉及内饰件、外饰件、车底系统，主要的部件有：车底系统、电池托架、保险杠、前端组件、仪表盘支架、座椅骨架、门模块、后举门、引擎罩、备胎箱等等。

# 四、热塑性复合材料的应用与进展

## 1. 汽车领域的应用 – GMT的车底系统:

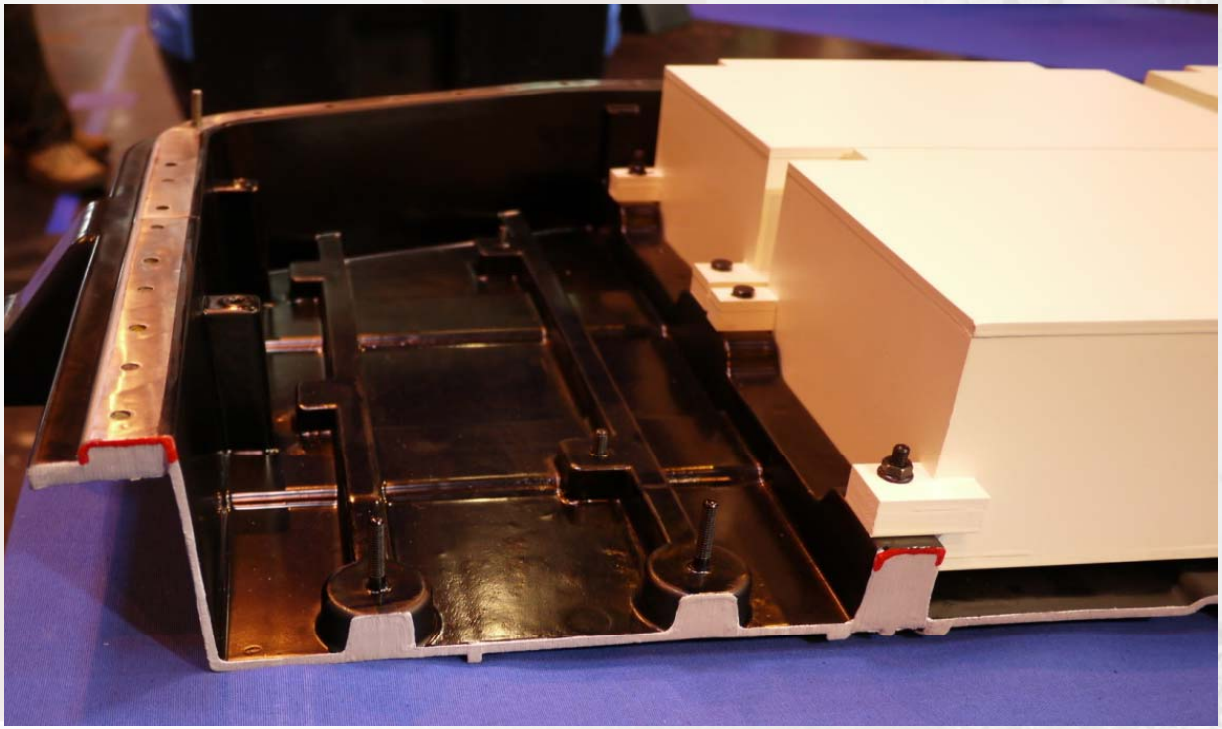
## 1. 汽车领域的应用－前端组件

**前端组件：**长纤维增强热塑性复合材料前端部件主要由GMT和LFT制造，其用量约占长纤维增强热塑性复合材料在汽车用量中的20%左右。



## 1. 汽车领域的应用 – 电池托架

**电池托架：**电池托架是长纤维增强热塑性复合材料应用较为广泛的一个部件，由于热塑性复合材料的耐腐蚀性能好，密度小于热固性复合材料，减重效果好，很适合用于制造电池托架。



## 1. 汽车领域的应用－天然纤维复合材料车门

- 玻璃纤维增强部件通常用于具有高抗弯强度和刚度要求的环境，如仪表板的基体部件。
- 天然纤维模压部件主要用于车门板，或者作为一个完整的车门板基体（宝马3系和5系），或者作为各个部件的基体（福特C-MAX、欧宝雅特和大众途观车型）。
- 由天然纤维制成的部件包括宝马新3系的轿车和旅行车车门板。这种方法制造的部件比之前轻了20%。

## 1. 汽车领域的应用－汽车座椅靠背

**BMW C3 CSL** 汽车后座靠背：复合材料泡沫夹层结构，两侧蒙皮为**1mm**厚的连续碳纤维增强聚丙烯复合材料。替代钢靠背，可使座椅减重**50%**，而且这种新型座椅靠背的防撞性能和减震性能均优于钢靠背。

# 四、连续纤维增强热塑性复合材料

## 1. 汽车领域的应用－碳纤维/热塑性复合材料概念车

帝人公司的这款电动概念车拥有一个完全由碳纤维增强热塑性复合材料制成的车身结构。

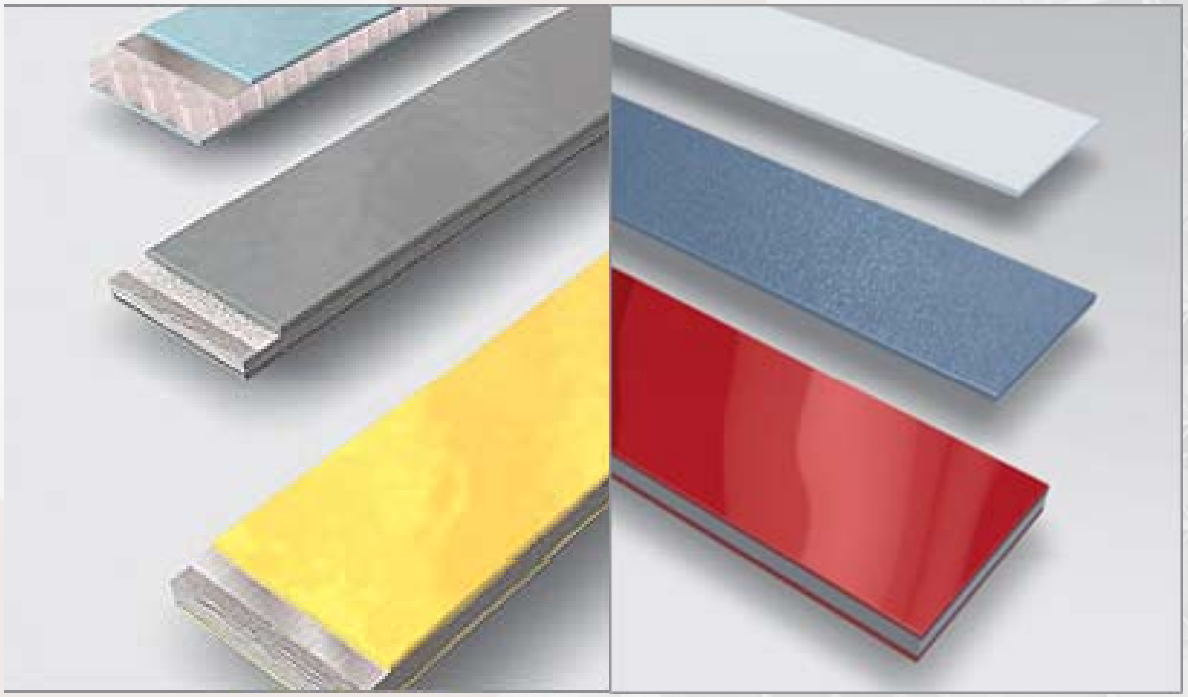
## 2. 建筑领域 – 最典型的产品是建筑模板

与传统的木质模板和钢质模板相比，热塑性复合材料木板具有重量轻，搬运方便；与水泥和混凝土的剥离性好，脱模容易，脱模后水泥制品的表面光滑，无需抹灰修整，节省施工费用；耐腐蚀、不变形、易于清洗等优点。

热塑性复合材料模板通常采用三明治夹层结构，模板的两个表面为热塑性复合材料，中间层可以为蜂窝结构，也可以为硬质泡沫塑料。

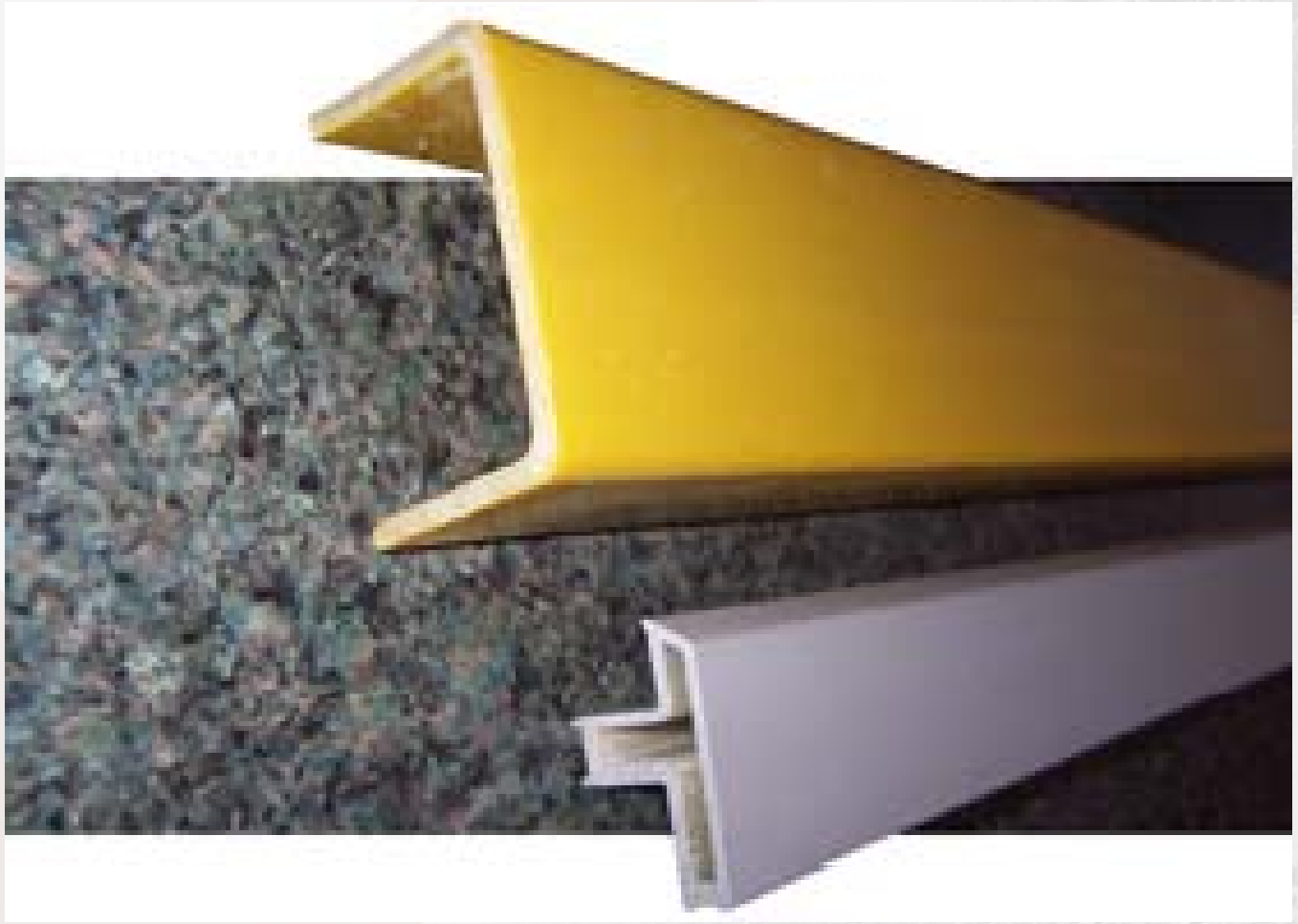
近年来，随着人们对可再生资源的综合利用的重视，天然纤维增强热塑性复合材料也开始用于建筑模板的制造。

## 2. 建筑领域 – 最典型的产品是建筑模板



## 2. 建筑领域 – 轻质低成本的植物纤维模板

## 2. 建筑领域 – 拉挤型材



## 3. 消费品－洗衣机滚筒

- 2014年，在法国JEC展览会上，欧文斯科宁与俄罗斯的相关企业共同研发了新一代玻璃纤维增强聚丙烯（PP）复合材料，用于制造洗衣机滚筒外壳。
- 该机型成功的将滚筒的载荷从5kg提升到7kg。材料的优越性能使得洗衣机的最高转速达到每分钟1500转，其优异的耐水性能大大延长了滚筒的使用寿命。
- 该产品通过了ALT测试，实现了工业量产，在俄罗斯和欧洲其他地区的市场占有率以年均15%的速度增长。

CNBM

## 新型热塑性复合材料洗衣机滚筒

CNBM

## 3. 消费品－智能手机机壳

- 摩托罗拉MotoX和Ultra两款2款手机外壳，外壳由层压技术制备，多种颜色和多款纹路的热塑性复合材料手机壳展现了优异的表面质量和美观的外形，产品性能良好，满足智能手机市场产品标准。
- MotoX后壳体采用PC/PET复合材料，具有良好的加工性能，以及高光泽、低光泽和舒适光泽等多种外观设计。
- Ultra外壳是PC/PET/Kevlar复合材料的一体机壳设计，表面质量主要采用高光泽的外观设计。
- 产品生产采用了RocTool系统，生产周期短，实现了大规模量产。两款机型外壳日产量可以达到50000台，现已经量产。

# 四、热塑性复合材料 的应用与进展

## 智能手机全热塑性复合材料机壳

获奖单位：摩托罗拉公司（美国）

合作伙伴：**RocTool SA(法国)、Complam和JuTeng（台湾）**

## 3. 消费品－空调器底座

空调器底座通常用镀锌钢板制作，长期使用后，空调的冷凝水不仅造成镀锌钢板的锈蚀，也容易滋生细菌。采用短切玻璃纤维增强聚丙烯热塑性复合材料制造的空调底座，具有耐腐蚀、重量轻、结构坚固等特点，并将多个金属部件组合的地板合并为一个复合材料部件，降低了制造和组装成本。

## 4. 航空航天领域的应用

航空航天工业的发展是推动高性能热塑性复合材料发展的巨大动力。由于高性能热塑性复合材料具有较高的韧性和损伤容限，以及优异的高温使用性能，使得该材料一问世引起航空工业的极大关注，并开始在飞机的应用中显示出了优越性。

主要是以聚醚醚酮、聚酰亚胺、聚苯硫醚等高性能热塑性聚合物为基体的连续纤维增强复合材料。

## 4. 航空航天领域的应用 - A400 M

空客推出的新型A400M军用飞机，其特点是新安装的冰棱防护板。这一防护板由PPS复合材料制成。这类复合材料具有优异的抗冲击性能，作为飞机的冰棱防护板材料可以在飞机遭遇恶劣条件或撞击冰山时，能最大限度保护机身，使其免受或减少伤害。

## 4. 航空航天领域的应用 - A340-600

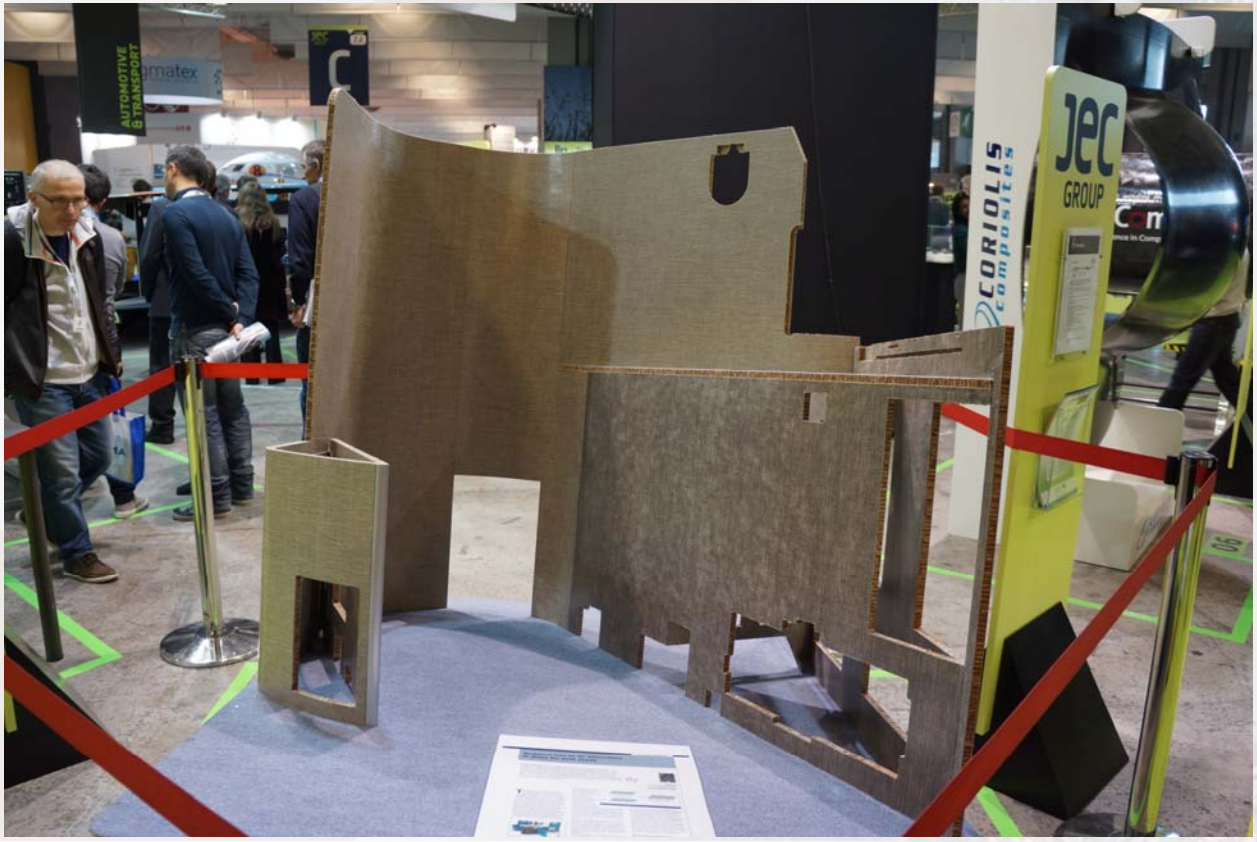
A340-600型飞机的热塑性复合材料机翼前端。铝合金材料部件减重20～30%，制造成本基本不变。

## 4. 航空航天领域的应用

**A340客机的检修舱盖板：**碳纤维/聚苯硫醚复合材料制造。

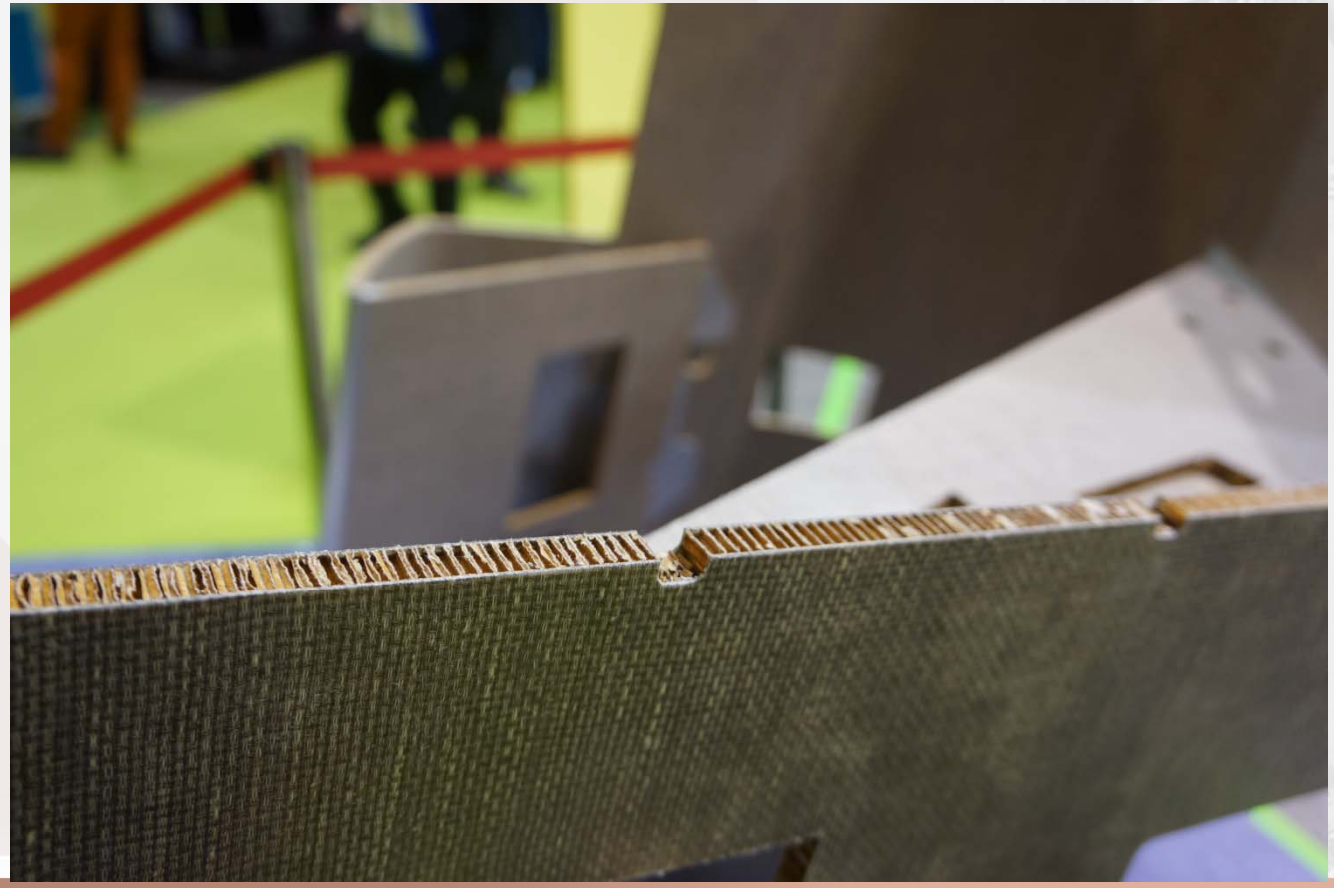
## 4. 航空航天领域的应用

波音787客机的座椅隔断：天然纤维增强热塑性合材料制造。



## 4. 航空航天领域的应用

波音787客机的座椅隔断：天然纤维增强热塑性合材料制造。



# 谢谢！